Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, v.63, n.3, p.411-424, jul./set.2005
ISSN 0365-4508

SEDIMENTAÇÃO ALBO-APTIANA DE PARTÍCULAS VEGETAIS (FITOCLASTOS) EM ROCHAS DO MEMBRO TAQUARI, FORMAÇÃO RIACHUELO, BACIA DE SERGIPE, BRASIL [1]

(Com 13 figuras)

MARCELO DE ARAUJO CARVALHO [2, 3]
DAVID DE CASTRO DE OLIVEIRA [2, 4]
LUCIANO GANDIN MACHADO [2, 5]
JOÃO GRACIANO MENDONÇA FILHO [6]

RESUMO: O regime de sedimentação albo-aptiana ocorrida na Bacia de Sergipe está diretamente relacionado à progressiva separação dos continentes sul-americano e africano, resultando na formação do Oceano Atlântico. Esse trabalho tem como objetivo principal a análise e interpretação paleoambiental baseada na distribuição de partículas orgânicas do grupo fitoclasto e os processos de sedimentação dos mesmos no ambiente marinho. Para este estudo, foram utilizadas 118 amostras do poço GTP-24-SE pertencente ao Membro Taquari, Formação Riachuelo da Bacia de Sergipe. Para tal estudo, foram realizadas análises qualitativas e quantitativas sob luz branca transmitida e fluorescência dos componentes do grupo fitoclasto. Além disso, para acessar informações sobre a distribuição dos fitoclastos foram empregados parâmetros e razões, tais como: percentual de fitoclastos do total da matéria orgânica, razão entre fitoclastos opacos e não-opacos e percentual de cutícula do total de fitoclastos. Sete tipos de componentes fitoclastos foram registrados: opaco equidimensional, opaco alongado, cutículas, não-opaco bioestruturado, não-opaco não estruturado, hifas de fungos e membranas. As partículas de fitoclasto opaco alongado foram as mais abundantes (média= 49,6%) sugerindo um maior transporte de elementos terrígenos. A distribuição estratigráfica das freqüências dos componentes fitoclastos diminui progressivamente para o topo da seção estudada sugerindo um maior distanciamento da área fonte em conseqüência do deslocamento da linha de costa em direção ao continente. Dois tipos de ambientes sedimentares são indicados pelos componentes da matéria orgânica para o Membro Taquari: transicional plataforma-Bacia e plataforma distal.

Palavras-chave: Fitoclastos. Palinofácies. Aptiano-Albiano. Formação Riachuelo. Bacia de Sergipe.

ABSTRACT: Sedimentation of Aptian-Albian plant particles (Phytoclasts) in sedimentary rocks of Taquari Member, Riachuelo Formation, Sergipe Basin, Brazil.

The Aptian-Albian sedimentation occurred in the Sergipe Basin is directly related to the progressive separation of the South American and African continents, resulting in the formation of the South Atlantic Ocean. This work aims the paleoenvironment interpretation based in the distribution and the processes of sedimentation of the phytoclasts in the marine environment. For this study were used 118 samples of well GTP-24-SE of Taquari Member, Riachuelo Formation of Sergipe Basin. The slides were analyzed under the light white transmitted microscopy, where the components of the phytoclasts group were classified and counted. Moreover, to access information about the stratigraphical distribution of the phytoclasts, parameters and ratio were used, such as: % of phytoclasts of the total kerogen, opaque: translucent ratio and % of cuticle of the total of phytoclasts. Seven types of components of the phytoclasts were recognized: equidimensional opaque, lath opaque, cuticles, translucent without pits, translucent with pits, fungal hyphae, and membrane. The lath opaque is the most abundant phytoclast particles (average=49.6%) suggesting a strong transport of terrigenous components on the marine paleoenvironment. The stratigraphical distribution of the phytoclast frequencies decreases progressively upward. This reflects an estrangement from the source area as consequence of the shoreline shift in direction to the continent. Two types of depositional environment are indicated by the kerogen for the Taquari Member: transition of shelf to basin in time and distal shelf.

Key words: Phytoclasts. Palynofacies. Aptian-Albian. Riachuelo Formation. Sergipe Basin.

---

[1] Submetido em 02 de junho de 2005. Aceito em 22 de agosto de 2005.
Realizado sob os auspícios do Instituto Virtual de Paleontologia-RJ/FAPERJ.
[2] Museu Nacional/UFRJ, Departamento de Geologia e Paleontologia. Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
[3] E-mail: mcarvalho@mn.ufrj.br.
[4] E-mail: david@mn.ufrj.br.
[5] E-mail: lucianogandini@brturbo.com.
[6] Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21949-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: graciano@geologia.ufrj.br

INTRODUÇÃO

A caracterização da matéria orgânica contida em sedimentos e rochas sedimentares é uma questão importante para diversas áreas do conhecimento como a biologia, geologia, geologia ambiental, oceanografia, química, etc. Estas áreas empregam um número variado de técnicas para a caracterização da matéria orgânica. Os métodos usados dependem da idade da matéria orgânica (ou do sedimento hospedeiro), do "background" do investigador e dos objetivos do trabalho, sendo raro encontrar um trabalho de pesquisa que utilize mais de três ou quatro métodos em paralelo. No entanto, para o estudo da matéria orgânica tem sido particularmente utilizada a integração de técnicas de microscopia e geoquímica orgânica, o que requer um entendimento dos fatores ambientais que controlam a produção de matéria orgânica na biosfera, dos processos ecológicos e sedimentológicos que controlam a distribuição e decomposição da matéria orgânica, dos fatores geomicrobiológicos e biogeoquímicos que influenciam na preservação da matéria orgânica, bem como dos processos geoquímicos e físicos que determinam a modificação da matéria orgânica durante sua incorporação na geosfera (TYSON, 1995).

O conceito de palinofácies foi introduzido por COMBAZ (1964) e sua definição pode ser entendida como o estudo palinológico da assembléia total de matéria orgânica contida em um sedimento seguido pela remoção da matriz sedimentar (mineral) pela acidificação com ácido clorídrico (HCl) e ácido fluorídrico (HF). A análise por palinofácies envolve o estudo integrado de todos os aspectos das assembléias de matéria orgânica como: identificação dos componentes particulados individuais (querogênio), determinação de suas proporções relativas e absolutas, seus tamanhos e estado de preservação.

Segundo TYSON (1995), palinofácies é caracterizada pela assembléia total de matéria orgânica particulada ou querogênio encontrada em rochas sedimentares após a preparação química. É possível inferir sobre as condições paleoecológicas e paleoceanográficas através da identificação dos principais grupos constituintes da matéria orgânica: fitoclastos, zooclastos, palinomorfos continentais e marinhos e matéria orgânica amorfa.

A palinofácies é provavelmente a única técnica simples discriminante que pode fornecer todas as respostas para o estudo e explicação dos modelos de fácies orgânica. Isto é devido, simplesmente, à não existência de um substituto para a observação visual direta do conteúdo orgânico que está atualmente nos sedimentos. Além disso, dados de palinofácies podem gerar parâmetros mais diversos e numerosos que dados geoquímicos, permitindo a análise muito mais detalhada e sutil de variações no ambiente sedimentar e da matéria orgânica geradora e estado de preservação. Sua vantagem sobre outras técnicas, como por exemplo, a de biomarcadores moleculares é que ela fornece informações diretas da origem e das características da matéria orgânica particulada total, melhor que somente da fração dos componentes extraível da rocha, cujas características pode ou não ser representativa da matéria orgânica total presente na rocha e cuja origem é freqüentemente incerta.

De acordo com TYSON (1995), os fitoclastos compreendem partículas orgânicas de origem continental, derivadas de tecidos lenhosos (xilema) de vegetais superiores, e hifas de fungos. Os tecidos lenhosos são compostos quimicamente por lignina, substância altamente resistente a decomposição, e por isso são preservados em sedimentos ou rochas sedimentares (TYSON, 1995).

O termo "Fitoclasto" foi introduzido por BOSTIK (1971) para descrever todas as partículas de tamanho argila ou areia-fina que formam o querogênio derivado de vegetais superiores ou fungos. Os fitoclastos apresentam autofluorescência conforme a constituição do tecido do qual derivam, podendo ser translúcidos ou opacos, e apresentando-se bioestruturados (ou estruturados) ou "pseudoamorfos".

Os fitoclastos são partículas facilmente identificáveis e são transportados para o ambiente marinho através dos rios, depositando-se em estuários, ambientes costeiros, na plataforma continental e no talude. Seu estado de preservação pode contribuir para a caracterização do tipo de ambiente. A sua distribuição ao longo da geomorfologia marinha nos permite inferir s condições de energia do ambiente, a variação proximal-distal em conseqüência da variação do nível do mar (TYSON, 1993).

O regime de sedimentação albo-aptiana ocorrida na Bacia de Sergipe localizada no nordeste do Brasil, está diretamente relacionada à progressiva separação dos continentes sul-americano e africano, resultando

na formação do Oceano Atlântico Sul. A seção albo-aptiana da Bacia de Sergipe é representada pela Formação Riachuelo, que engloba o Membro Taquari composto por intercalações sucessivas de calcilutitos e folhelhos cinzentos (FEIJÓ, 1994) e representa a primeira sedimentação essencialmente marinha da bacia (KOUTSOUKOS *et al.*, 1991).

Este trabalho tem como objetivo principal identificar e caracterizar os tipos de fitoclastos contidos em rochas sedimentares marinhas de idade albo-aptianas da Bacia de Sergipe e verificar os processos de sedimentação do grupo fitoclastos em ambiente marinho. Além disso, destacar a importância do grupo dos fitoclastos, baseado em dados qualitativos e quantitativos, e suas aplicação na paleoecologia e evolução ambiental do Cretáceo Inferior.

Geologia da Bacia de Sergipe

A Bacia de Sergipe tem sido alvo de diversos trabalhos e teses, devido a uma grande quantidade de dados adquiridos através de perfurações de aproximadamente 3.300 poços. Conseqüentemente, uma série de informações estratigráficas, geoquímicas e paleontológicas foi adquirida, além de mais de 100.000km de linhas sísmicas, levantamentos gravimétricos/magnetométricos etc. Entre todas as bacias brasileiras, a Bacia de Sergipe/Alagoas é a que provavelmente possui o mais completo registro tectono-sedimentar (MENDES, 1994).

Além de um vasto acervo de informações de poços (950 exploratórios, dos quais 500 são pioneiros, e 3.200 poços de lavra), a Bacia de Sergipe possui um grande número de afloramentos e a existência de muitos testemunhos ao longo de todo o empilhamento estratigráfico, o que contribui muito para um melhor entendimento de sua evolução.

O maior número de estudos realizados na Bacia são direcionados aos principais intervalos produtores de óleo e gás, desde a seção paleozóica até a terciária, havendo reservas significativas no embasamento fraturado (Proterozóico), no campo de Carmópolis. Os principais sistemas petrolíferos da bacia são registrados na Formação Muribeca (Aptiano), Formação Penedo-Barra de Itiúba (Neocomiano-Barremiano) e Formação Calumbi (Neocretáceo-Terciário) (MENDES, 1994).

Localização geográfica

A Bacia de Sergipe compreende a parte sul da Bacia de Sergipe-Alagoas no nordeste do Brasil (Fig.1), é uma bacia marginal estruturalmente alongada entre latitude 9° e 11°30S, e longitude 37° e 35°30W. A porção continental possui 16-50km de comprimento e 170km de largura, cobrindo uma área de 6.000km², e a porção *offshore* compreende uma área de 5.000km² (FEIJÓ, 1994).

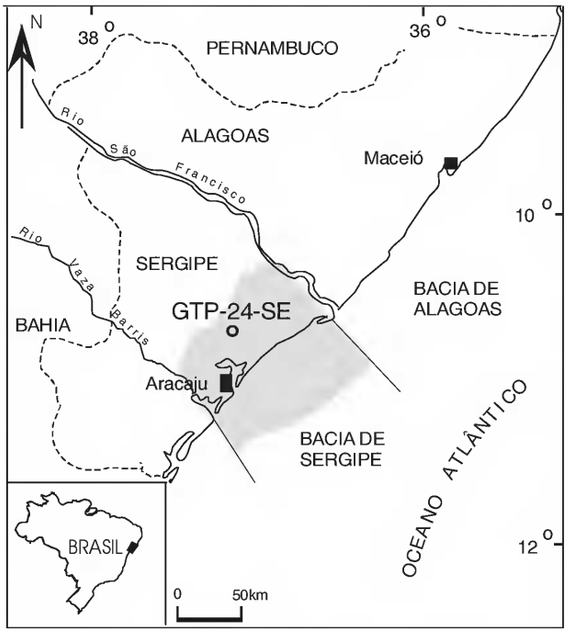

Fig.1- Localização do poço GTP-24-SE, Bacia de Sergipe, (modificado de CARVALHO, 2001).

EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR

Em se tratando da evolução tectônica e histórica do preenchimento sedimentar, as bacias marginais brasileiras apresentam grandes semelhanças, em função da gênese comum, resultante dos processos que ocasionaram a ruptura do Gondwana a partir do final do Jurássico (SOUZA-LIMA & HAMSI JR., 2003) (Fig.2).

Feita a análise da sucessão sedimentar das diversas bacias da margem leste e equatorial brasileira, é possível verificar que o pacote sedimentar dessas bacias, inclusive a Bacia de Sergipe, poderia ser agrupado em seqüências geneticamente correlatas, geograficamente contínuas, relacionadas a estágios evolutivos termo-mecânicos distintos (SOUZA-LIMA & HAMSI JR., 2003).

A evolução da Bacia de Sergipe pode ser dividida em cinco principais fases: intracratônica (Carbonífero-Permiano), pré-rift (Jurássico (?) ao Berriasiano basal), rift (Berriasiano-Valanginiano), transicional (Aptiano), e fase marinha aberto (Aptiano superior ao Recente) (OJEDA & FUGITA, 1976; OJEDA, 1982). O intervalo estudado no presente trabalho engloba somente a fase transicional e a fase marinha (Fig.3).

Fase transicional: Esta fase é representada pelas primeiras ingressões marinhas na área, iniciadas no Aptiano superior com deposição de evaporitos e sedimentos clásticos e carbonáticos (Formação Muribeca), sob condições tectônicas calmas (OJEDA, 1982). Os sedimentos foram depositados em ambiente lagunar-evaporítico.

Fase marinho aberto: É caracterizada pela deposição da Formação Riachuelo (intercalações de folhelhos e calcilutitos), como resultado da separação progressiva dos continentes Sul-americano e Africano.

FORMAÇÃO RIACHUELO

A Formação Riachuelo representa a primeira sedimentação essencialmente marinha na Bacia de Sergipe. Tal formação possui idade albo-aptiana obtida com base em estudos bioestratigráficos de foraminíferos planctônicos, nanofósseis calcários e palinomorfos.

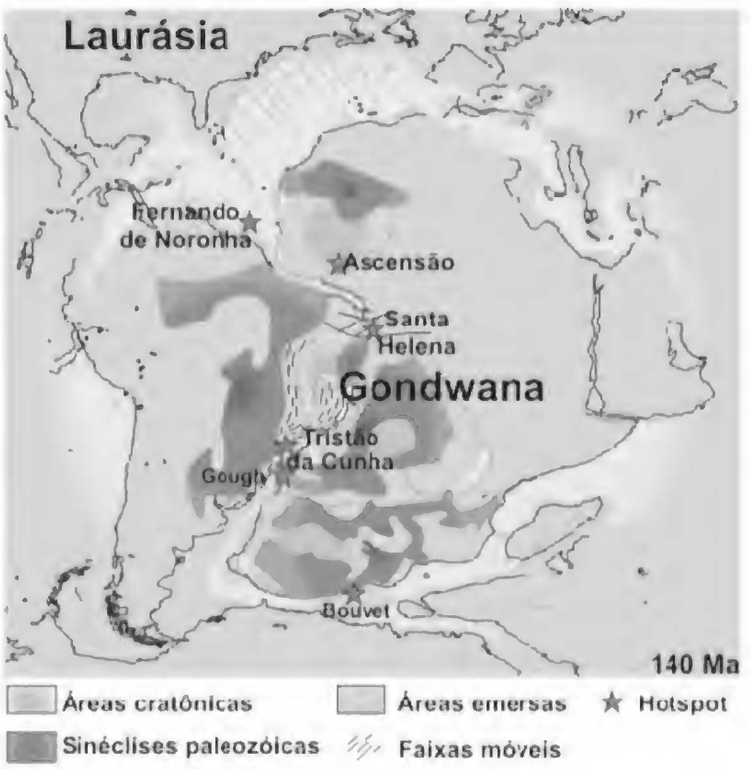

Fig.2- Paleogeografia do Gondwana (Cretáceo ca. 110 milhões AP), mostrando o embasamento das bacias marginais brasileiras (SOUZA-LIMA & HAMSI JUNIOR, 2003).

A Formação Riachuelo registrada no poço GTP-24-SE (Fig.4), é um complexo clástico-carbonático, onde podem ser reconhecidos três membros: Taquari, Angico e Maruim, sendo o primeiro alvo desse estudo.

O Membro Angico é composto por arenito branco que varia de fino a conglomerático. O Membro Maruim é constituído por calcarenito e calcirrudito oncolítico e oolítico creme, além de recifes algáceos isolados. Inclui-se ainda, neste membro, carbonatos de alta energia dolomitizados, antes individualizados como Membro Aguilhada (SCHALLER, 1970).

O Membro Taquari é caracterizado por intercalações sucessivas de calcilutitos e folhelhos cinzentos depositados em plataforma rasa a média de um ambiente marinho já bem estabelecido.

MATERIAL E MÉTODO

Um total de 118 amostras do poço GTP-24-SE (410m) foi analisado para palinofácies. O material encontra-se depositado no Setor de Paleobotânica e Paleopalinologia do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional/UFRJ.

As amostras foram processadas de acordo com os métodos padrão não oxidativos para análise de palinofácies (TYSON, 1995; MENDONÇA FILHO, 1999; CARVALHO, 2001).

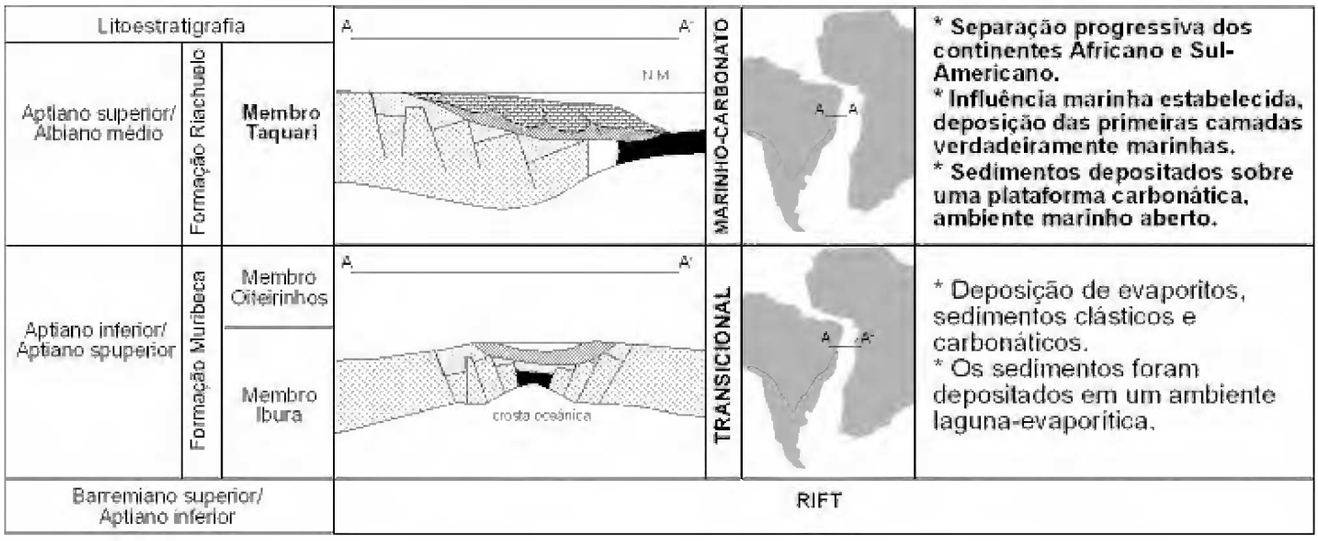

Fig.3- Evolução tectônica do intervalo estudado da Bacia de Sergipe (modificado de KOUTSOUKOS, 1989).

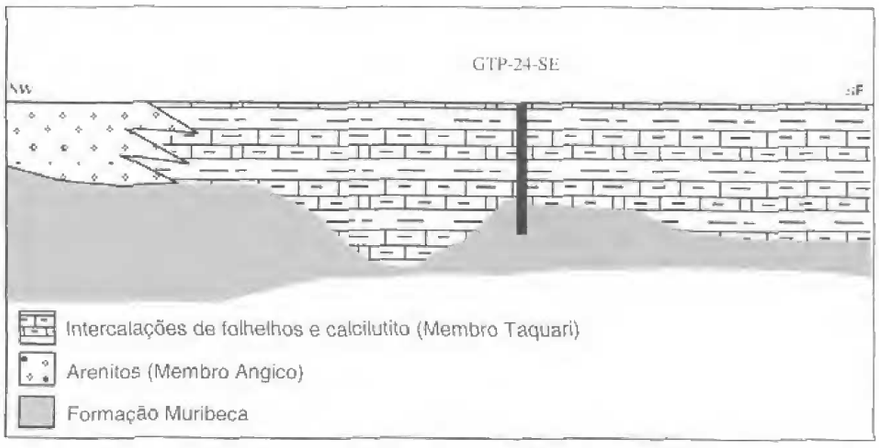

Fig.4- Seção geológica da Formação Riachuelo (modificado de BORCHERT, 1977).

Análise de microscopia

As amostras foram analisadas através de microscopia em luz branca transmitida e fluorescência (luz azul incidente). Esse procedimento foi dividido em análise qualitativa, onde foi identificada e classificada a matéria orgânica contida na lâmina palinológica, e quantitativa, através da contagem de 500 partículas por lâmina.

Classificação do querogênio

Segundo TYSON (1995), querogênio é a matéria orgânica residual isolada de uma rocha sedimentar após a completa dissolução da matriz rochosa por ácidos clorídrico e fluorídrico. A classificação do querogênio é feita conforme o apresentado na figura 5.

O querogênio é dividido basicamente em três grupos principais: fitoclasto, matéria orgânica amorfa (MOA) e palinomorfo.

Grupo Fitoclastos: Partículas orgânicas de origem continental, derivadas de tecidos lenhosos (xilema) de vegetais superiores e hifas de fungos. Os fitoclastos são constituídos quimicamente por lignina, substância altamente resistente à decomposição. Os fitoclastos são divididos em dois subgrupos: não-opacos (de coloração amarelada a marrom muito escuro) e opacos (pretos). Os fitoclastos são classificados de acordo com sua morfologia, presença ou ausência de elementos estruturais e diferenças no estado de preservação (Fig.5). Além disso, permite fazer a identificação seletiva das tendências de preservação e condições de energia nos ambientes deposicionais.

Grupo Matéria Orgânica Amorfa (MOA): Representado por dois subgrupos: "MOA" e resina. A "MOA" propriamente dita é constituída de material derivado de ataque microbiológico, não-estruturado, sem forma definida, coloração amarelo-laranja-vermelho, laranja-marrom, cinza, algumas vezes com inclusões como palinomorfos, fitoclastos, pirita, etc. Já a resina, é uma partícula não-estruturada, hialina, usualmente arredondada, homogênea, não-fluorescente, derivada de vegetais superiores de florestas tropicais e subtropicais (CARVALHO, 2001).

Grupo Palinomorfos: Subdividido em esporomorfos (grãos de pólen e esporos), microplâncton de água doce, microplâncton marinho (dinoflagelados, acritarcos e prasinófitas) e zoomorfos (palinoforaminíferos e escolecodontes).

Classificação dos fitoclastos

O termo fitoclasto foi introduzido por BOSTICK (1971) para designar partículas orgânicas de origem continental, derivadas tecidos lenhosos (xilema) de vegetais superiores e fungos (TYSON, 1995). Os critérios descritivos para classificação dos fitoclastos são mostrados na figura 6.

Os fitoclastos são classificados em dois sub-grupos: opacos e não opacos (TYSON, 1995).

Fitoclastos opacos equidimensionais: Partículas pretas de forma quadrática. Não apresentam bioestruturas internas.

Fitoclastos opacos alongados: Partículas pretas de forma alongada. Possuem o eixo longo três vezes maior do que o eixo curto. Ausência de bioestruturas internas.

Fitoclastos não-opacos não-bioestruturados: Partículas marrons de tamanho variado, sem bioestruturas internas.

Fitoclastos não-opacos bioestruturados: Partículas marrons bioestruturadas (estriada, listrada, bandada, etc).

Cutícula (não-opaco): Partícula com cor amarelo-pálido a marrom claro, delgadas, preservando a estrutura celular, em alguns casos com estômatos visíveis.

Membrana (não-opaco): Partícula amarelo-pálido, comumente transparentes.

Hifas de fungo (não-opaco): Filamentos individuais do micélio da fase vegetativa dos fungos, nas quais podem ser transparentes ou incolores.

Parâmetros e razões em palinofácies

Os parâmetros e razões em palinofácies servem para acessar as tendências de distribuição do querogênio, que são importantes para a identificação e caracterização paleoambiental.

Percentagem de fitoclastos (do Total do Querogênio): Três fatores podem estar relacionados a elevadas percentagens de fitoclastos: 1) elevado suprimento de fitoclastos, 2) preservação e 3) sedimentação seletiva relacionada à condições hidrodinâmicas. As elevadas percentagens de componentes do grupo dos fitoclastos depositados em ambientes proximais refletem principalmente o curto transporte de partículas. As condições de oxidação e a grande resistência de tecidos lignificados estão também associados à proximidade da área fonte (MENDONÇA FILHO, 1999). Em relação ao ambiente deposicional, as partículas de fitoclastos são depositadas pelos rios em estuários e em ambientes deltáicos, ambos próximos de linhas de costa. Além disso, a deposição

também ocorre em águas profundas, por correntes de turbidez (HABIB, 1982).

Razão entre Fitoclasto Opaco e Não Opaco (O: NO): As partículas de fitoclasto opaco, derivadas principalmente da oxidação de fitoclasto não opaco, são transportadas por mais tempo e depositadas em ambientes mais distais em relação à área fonte (TYSON, 1993). Partículas de fitoclastos não opacos são depositadas em ambientes proximais e sofrem pouco transporte (CARVALHO, 2001). Por isso, a razão reflete o distanciamento da área fonte, que pode estar relacionada a variações do nível do mar.

GRUPOS E SUBGRUPOS			ORIGEM	DESCRIÇÃO
MATÉRIA ORGÂNICA AMORFA	"MOA"		Derivado de fitotoplâncton ou degradação de bactérias.	Material não estruturado com formato variado; amarelo-laranja-vermelho; laranja-marrom; cinza. Homogêneo; com "speckles"; com inclusões (palinomorfos, fitoclastos, pirita).
	RESINA		Derivado de plantas superiores de florestas tropicais e subtropicais.	Partícula não estruturada, hialina, homogênea, não-fluorescente e arredondada.
FITOCLASTO	OPACO	Equidimensional	Derivados de tecidos lenhosos de plantas superiores ou fungos	Partícula preta quadrada e sem bioestrutura interna
		Alongado		Partícula preta de forma alongada. Eixo longo três vezes mais do que o eixo curto. Sem bioestrutura interna.
	NÃO OPACO	Não bioestruturado		Partícula marrom sem bioestruturas
		Bioestruturado		Partícula marrom bioestruturada (estriado, listrado, bandado, etc.)
		Cutícula		Partículas amarelo pálido a marrom claro, delgadas, alguns casos com estômatos visíveis.
		Membranas		Partículas amarelo pálido, comumente transparente.
		Hifa de Fungos	Derivados de fungos	Filamentos individuais do micélio da fase vegetativa dos fungi.
PALINOMORFOS	ESPOROMORFOS	Esporos	Palinomorfo terrestre produzido por pteridófitas, briófitas e fungos.	Palinomorfo de forma em geral triangular ou circular, usualmente apresentando a marca trilete ("Y) ou monolete (I). Ornamentação variada.
		Grãos de pólen	Palinomorfo terrestres produzidos por plantas gimnospermas e angiospermas.	Palinomorfos com morfologia complexa a simples; usualmente esférico à subesférico; com vários tipos de ornamentação; aberturas podem esta presentes.
		Palinoforaminífero	Parede ("forro") interna de foraminíferos bentônicos.	Parede interna quitinosa; marrom; câmaras menores muitas vezes mais escuras.
	ZOOMORFOS	Escolecodonte	Partes do aparelho bucal de alguns vermes poliquetos (maioria marinha).	Aparelho bucal em forma de "dente" constituído de quitina, marrom escuro; tamanho 100-1000 µm.
	FITOPLÂNCTON	Acritarcos	Pequenos microfósseis de origem desconhecida.	Microfósseis com várias formas e esculturas que lembram dinoflagelados. Apresentam uma cavidade central fechada por uma parede com uma camada simples ou por múltiplas camadas; Tamanho 5-240 µm.
		Dinoflagelados	Restos dos cistos produzidos durante a parte sexual do ciclo de vida da Classe Dinophyceae.	Principal característica é a paratabulação que divide a teca e o cisto em placas retangulares ou poligonal separadas por suturas, Três principais morfologias: proximados, cavados e corados; muitas vezes com uma abertura (arqueopílo) através do qual ocorre o encistamento.
		Prasinófitas	Microfósseis produzidos por pequenas algas quadriflageladas.	Maioria, como *Tasmanites*, são esféficos; diâmetro 50 à 2000 µm.
		Algas Chlorococalles	Algas exclusivamente de água doce (*Botryococcus* e *Pediastrum*).	*Botryococcus*: colônias globular irregular; tamanho 30 à 2.000 µm, algumas vezes com vários lóbulos; laranja-maroom. *Pediastrum*: algas verdes coloniais, radialmente simétricas; tamanho 30-200 µm em diâmetro e com um ou 2 chifres no anel mais externo das células. Células internas podem ser de forma irregular com espaços entre elas ou conpactadas.

Fig.5- Classificação geral do querogênio (MENDONÇA FILHO *et al.*, 2002).

TRANSLUCÊNCIA	Opaco X Não opaco
COR	Laranja-marrom Marrom escuro-preto Amarelo Sem cor
AUTOFLORESCÊNCIA	Amarelo-verde moderado – forte Fraco, mas claramente presente Ausente
MICROESTRUTURAS	BIOESTRUTURADO Definitivo Celular (uma espessa camada celular). cutícula Celular (várias células espessas: córtex "pits": traqueídeos) Não definitivo Costelas: Fragmentos de xilema? Fibroso: sem outra estrutura --- NÃO BIOESTRUTURADO Nenhuma bioestrutura aparente Pseudoamorfa (estrutura "relíquea" ou com somente o contorno)
FORMA/ SIMETRIA	Alongado, cilíndrico (C/L > 2-3) Equidimensional (C/L < 2-3)
ANGULARIDADE	Angular Planar Irregular Arredondado
CONTORNO	Desgastado Afiado, estruturas internas +/- claras Lascado

Fig.6- Tabela de descrição do grupo dos fitoclastos (modificado de CARVALHO, 2001).

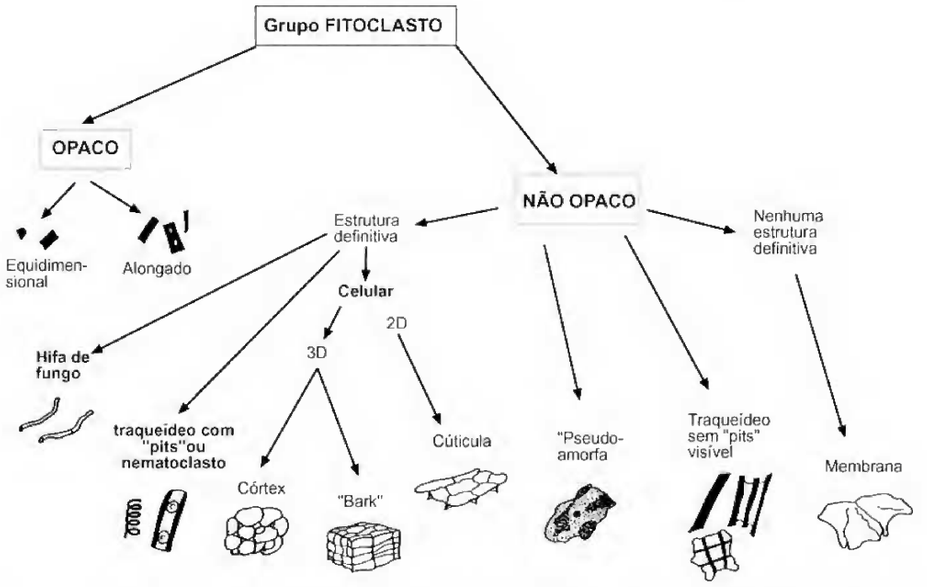

Fig.7- Tabela de classificação dos componentes do grupo dos fitoclastos (modificado de CARVALHO, 2001, depois de TYSON, 1995).

RESULTADOS

A análise qualitativa do Membro Taquari revelou que as amostras analisadas apresentam sete tipos de fitoclastos conforme a classificação descrita acima: fitoclasto opaco-alongado (Op-Al), fitoclasto não-opaco não-bioestruturado (NONB), não opaco bioestruturado (NOB), fitoclasto opaco-equidimensional (O:Eq), cutícula (Ct), membrana (Mb), e hifas de fungos (Hf) (Fig.9).

O grupo fitoclastos foi o mais abundante entre os três grupos de querogênio apresentando uma média de 47,13% do total do querogênio, seguido de MOA (33,3% e palinomorfo (19,6%). Dentro do grupo fitoclasto é observado predomínio de Op-Al (49,6%) e NONB (34,4%), em seguida os Op-Eq (9,9%), Cut (1,9%), Memb (1,5%), NOB (1,4%), e por fim, as HF com menor abundância (1,3%) (Fig.10).

A distribuição estratigráfica do Grupo Fitoclastos para o Membro Taquari, destacando principalmente os dois componentes mais abundantes (Op-Al e NONB) indica uma progressiva diminuição de abundância para o topo da seção (Figs.11-12), mostrando um distanciamento da área fonte, devido provavelmente a uma subida do nível do mar como conseqüência da instalação do Oceano Atlântico Sul. Um aumento na abundância e diversidade do microplâncton marinho também foi observado nessa seção (CARVALHO, 2002).

A variável de grande importância que exerce o controle dos parâmetros de tendência na distribuição dos grupos e subgrupos de componentes da matéria orgânica é a proximalidade (tendência proximal-distal). Este conceito de proximalidade, de grande utilidade em palinofáceis, está inter-relacionado com a proximidade do ponto de origem de sedimentos siliciclásticos fluvio-deltaicos e matéria orgânica terrestre (fitoclastos), a magnitude do ponto de origem fluvio-deltaico, a magnitude e natureza da produtividade primária terrestre na área fonte do sedimento, a duração relativa total do processo de transporte entre a área fonte das partículas e seu sítio final de deposição e o gradiente paleoambiental entre a área fonte e o sítio final de deposição (MENEZES, 2002).

Os resultados observados com relação à distribuição estratigráfica dos parâmetros utilizados no presente estudo demonstram que a sedimentação continental diminuiu para o topo da seção. A queda de abundância do total de fitoclastos e o aumento das razões de OP/NOP e Eq/Al (Figs.11-12) indicam que devido a uma subida do nível relativo do mar, decorrente da instalação do Oceano Atlântico Sul, ocorreu um deslocamento deposicional em direção ao continente e evidentemente um maior distanciamento da área fonte em relação à área de localização do poço estudado.

INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

A reconstrução paleoambiental foi fundamentada na integração dos dados de palinofáceis, que forneceu uma estimativa mais aprimorada das tendências paleoambientais e de tendências proximal-distal a partir dos dados percentuais dos três principais grupos de componentes da matéria orgânica propostos por TYSON (1993). Com auxílio do diagrama ternário (TYSON, 1995), que se constitui de nove campos de palinofácies (TYSON, 1993), foi possível a interpretação paleoambiental.

Através do diagrama ternário observou-se que as 118 amostras do Membro Taquari se agruparam preferencialmente em dois campos (Fig.13):

PARAMETROS E RAZÕES	FATORES AMBIENTAIS		
	Tendências proximal-distal	Redeposição	Ressurgência (com aridez continental)
% fitoclastos/querogênio	▶	▲	▲
Opaco : não opaco	◀	▼	▼ ?
% cutícula/fitoclasto	▶	insignificante	▲

Alto-baixo ▶ Baixo-alto ◀ Diminui ▲

Aumenta ▼ Pode aumentar ▼ ?

Fig.8- Alguns parâmetros usados em análise de palinofácies (modificado de TYSON, 1995).

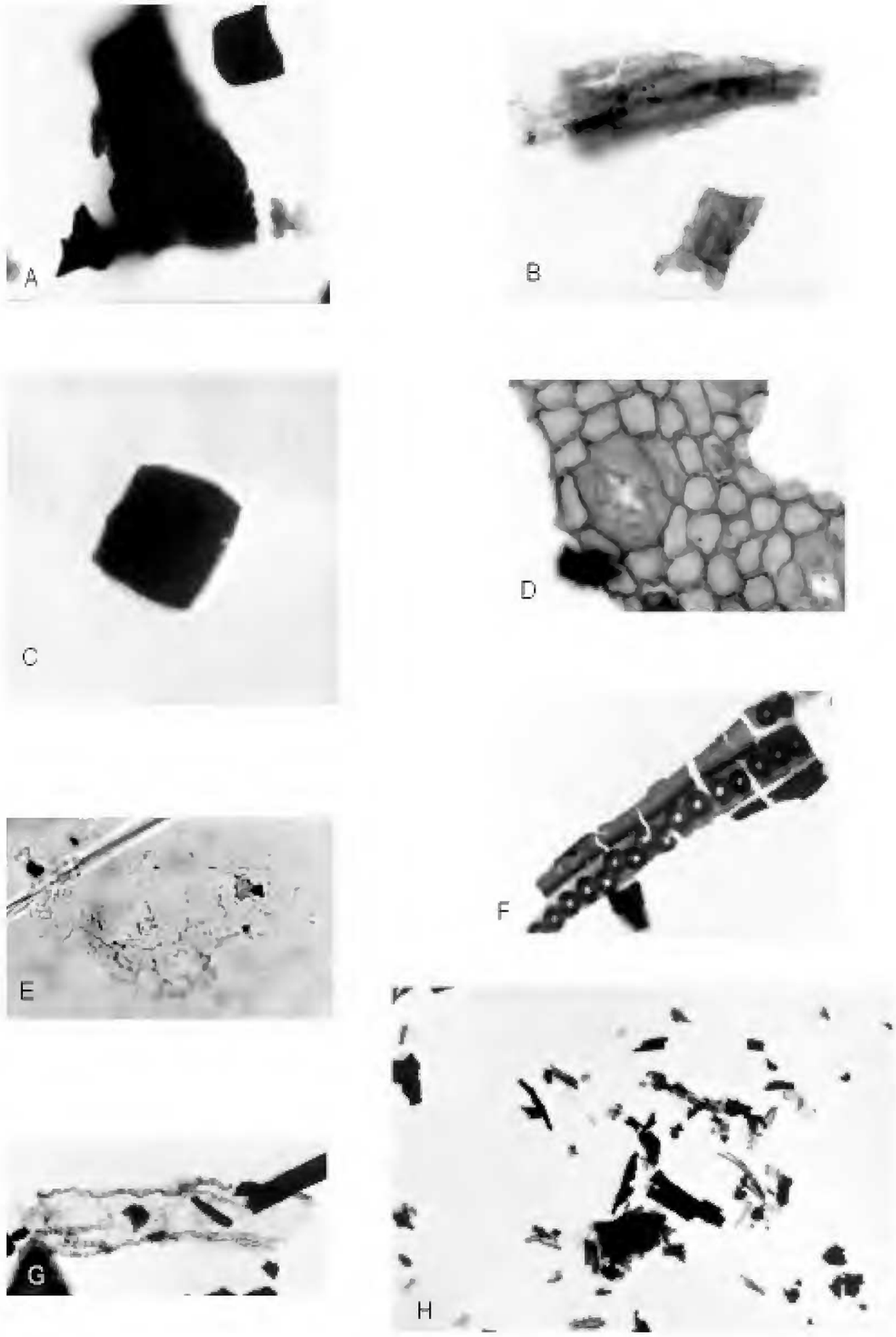

Fig.9- Tipos de fitoclastos identificados nos sedimentos do Membro Taquari. A) fitoclasto opaco alongado (Op-Al); B) fitoclasto não opaco não bioestruturado (NONB); C) fitoclasto opaco equidimensional (Op-Eq); D) cutícula (Cut); E) membrana (Mb); F) fitoclasto não opaco bioestruturado (NOB); G) hifas de fungos (Hf); H) vista geral da lâmina palinofaciológica.

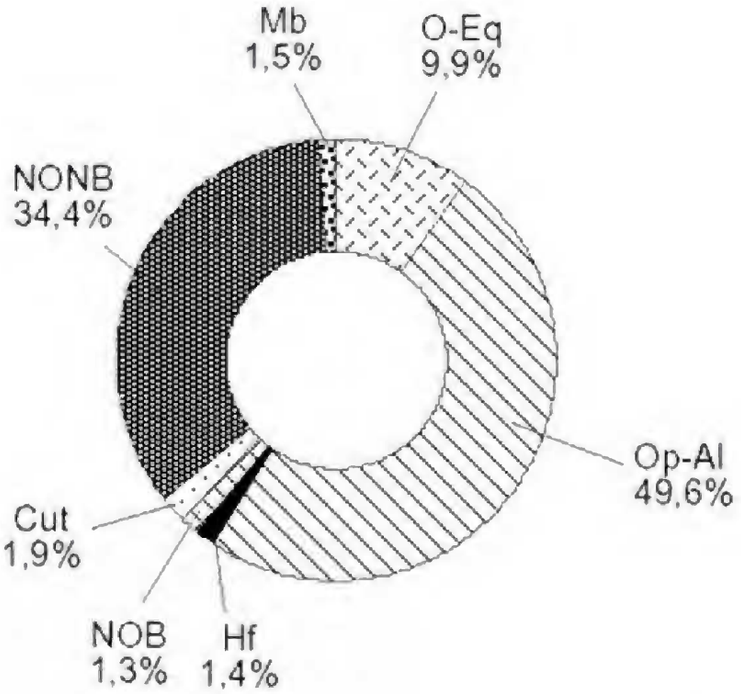

Fig.10- Gráfico de abundância dos componentes do grupo dos fitoclastos (CARVALHO, 2001).

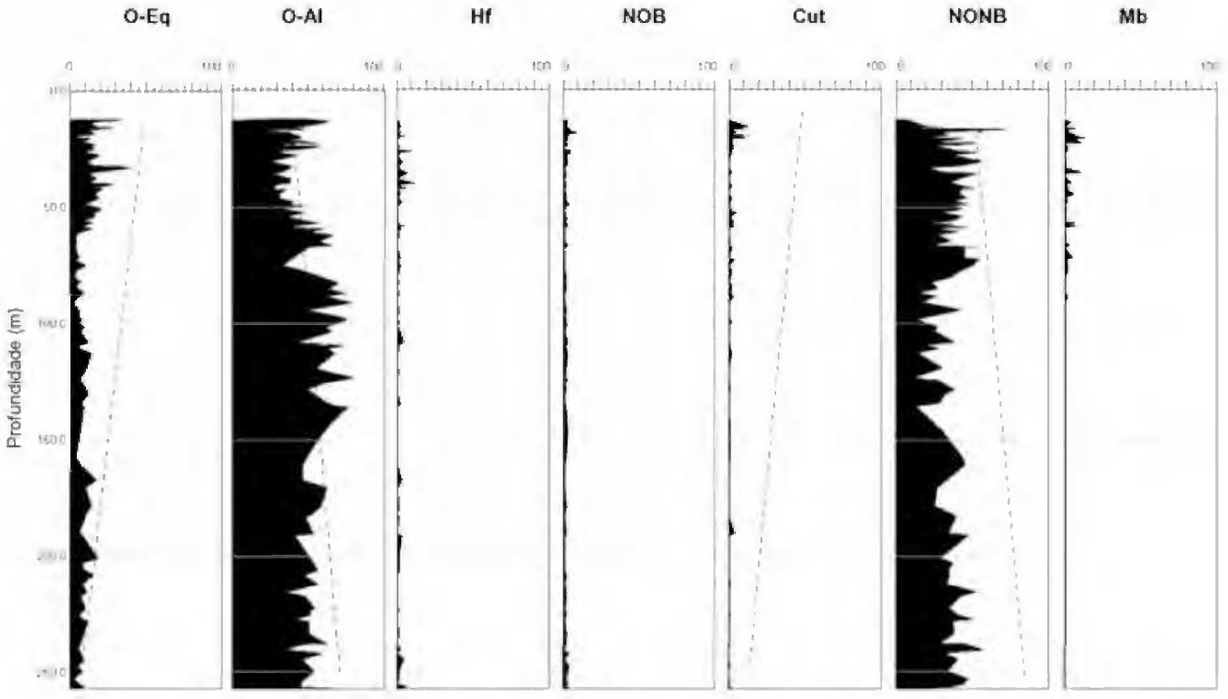

Fig.11- Distribuição estratigráfica dos componentes do grupo dos fitoclastos no Membro Taquari.

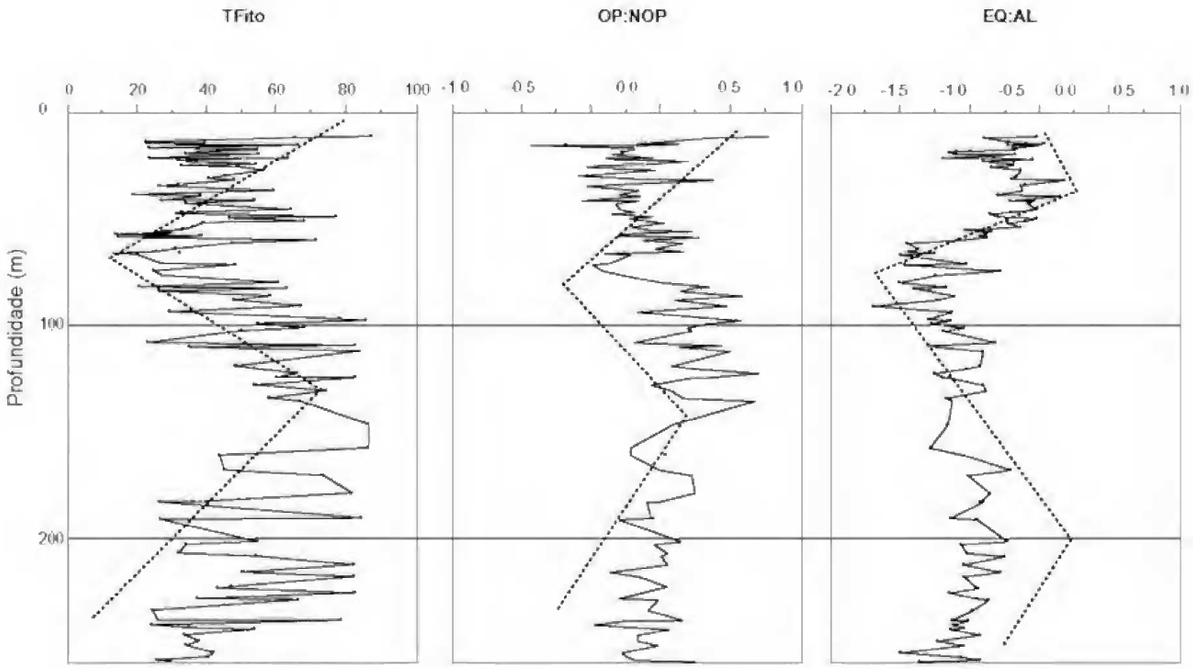

Fig.12- Distribuição estratigráfica dos parâmetros e razões. Linha pontilhada = linha de tendência.

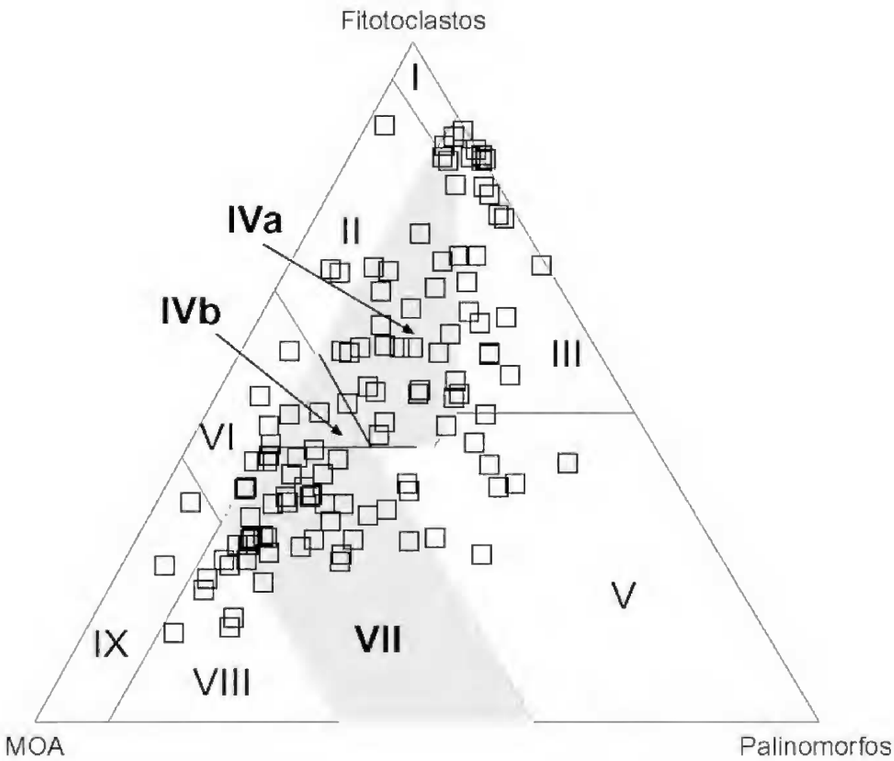

Fig.13- Diagrama Ternário FITOCLASTO-MOA-PALINOMORFOS com os campos de paleoambientes (modificado de TYSON, 1993)

Campo IV – Transição de plataforma para bacia. Abundância de fitoclastos depende da proximidade da área fonte e do grau de deposição. Quantidade de COT marinho depende do estado redox da Bacia. IVa: disóxico. IVb: subóxido-anóxico.

Campo VII – Plataforma distal desóxica-anóxica, moderada a boa preservação de matéria orgânica amorfa (MOA), baixo a moderado conteúdo de palinomorfos e fitoclastos pouco abundantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O Grupo Fitoclasto é o mais abundante dos componentes orgânicos particulados encontrados no Membro Taquari.
- Os fitoclastos do tipo opaco-alongado são os mais abundantes, indicando um maior transporte de sedimentos continentais.
- A distribuição estratigráfica dos componentes do Grupo Fitoclasto diminui progressivamente para o topo da seção, refletindo uma subida do nível do mar e/ou diminuição do fluxo de terrígenos.
- Dois tipos de ambientes de sedimentação são indicados pelos componentes da matéria orgânica para o Membro Taquari: transição de plataforma para bacia e plataforma distal.
- A subida do nível do mar provavelmente está associada ao início da instalação do Oceano Atlântico Sul.

REFERÊNCIAS

BORCHERT, H., 1977. On the formation of Lower Cretaceous potassium salts and tachhydrite in the Sergipe Basin (Brazil) with some remarks on similar occurrences in West Africa (Gabon, Angola etc.). In: KLEMM, D.D. & SCHNEIDER, H.J. (Eds.) **Time- and Strata-bound Ore Deposits**, Berlin: Springer-Verlag, p.94-111.

BOSTIK, N.H., 1971. Thermal alteration of classic organic particles as an indicator of contact and burial metarmophism in sedimentary rocks. **Geoscience & Man**, Baton Rouge, **3**:83-92.

CARVALHO, M.A.; MENDONCA FILHO, J.G., MENEZES, T.R., 2002. Palynofacies analysis of the upper Aptian-Albian succession of the Sergipe Basin, Brazil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL 6., 2002; SIMPOSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 2. 2002. **Boletim...** Serra Negra, p.209-214.

CARVALHO, M.A., 2001. **Paleoenvironmental reconstruction based on palynological and palynofacies analyses of the Aptian-Albian succession in the Sergipe Basin, northeastern Brazil**. 150p. Tese (Doutorado em Geologia) - Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Heidelberg.

COMBAZ, A., 1964. Lês palynofacies. **Revue de Micropaléontologie**, Paris, **7**:205-218.

FEIJÓ, F.J., 1994. Bacias de Sergipe e Alagoas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, **8**(1):149-162.

HABIB, D., 1982. Sedimentary supply origin of Cretaceous black-shales. In: SCHLANGER, S.O. & CITA, M.B. (Eds.) **Nature and Origin of Cretaceous Carbon-rich Facies**, London: Academic Press. p.113-127.

KOUTSOUKOS, E.A.M., 1989. **Mid- to Late Cretaceous microbiostratigraphy, palaeo-ecology and palaeogeography of the Sergipe Basin, northeastern Brazil**. 2 vols., 886p. Tese (Doutorado em Geologia) - Council for National Academic Awards, Polytechnic South West, Plymouth.

KOUTSOUKOS, E.A.M.; MELLO, M.R.; AZAMBUJA FILHO, N.C.; HART, M.B. & MAXWELL, J.R., 1991. The upper Aptian–Albian succession of the Sergipe Basin, Brazil- an integrated palaeoenvironmental assessment. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, Tulsa, **75**:479-498.

MENDES, J.M.C., 1994. **Análise estratigráfica da seção neo-Aptiana/Eocenomaniana (Fm. Riachuelo) na área do Alto de Aracajú e adjacências – Bacia de Sergipe/Alagoas.** 166p. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MENDONÇA FILHO, J.G., 1999. **Aplicação de estudos de palinofácies e fácies orgânicas em rochas do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná, sul do Brasil**. 254p. Tese (Doutorado em Geologia)-Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MENEZES, T.R., 2002. **Aplicação de parâmetros palinofaciológicos e organogeoquímicos na reconstrução paleoambiental do talude continental brasileiro Recente na Bacia de Campos - RJ.** 174p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

OJEDA, H.A.O., 1982. Structural framework, stratigraphy and evolution of Brazilian marginal basins. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin,** Tulsa, **66**:732-749.

OJEDA, H.A.O. & FUGITA, A.M., 1976. Bacia Sergipe/ Alagoas: Geologia regional e perspectivas petrolíferas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, p.137-158.

SHALLER, H., 1970. Revisão estratigráfica da Bacia Sergipe-Alagoas. **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, **12**:21-86.

SOUZA-LIMA, W & HAMSI JUNIOR, J.P., 2003. Bacias sedimentares brasileiras. Bacias da Margem continental. **Revista da Fundação Phoenix,** Aracajú, **50**:1-6.

TYSON, R.V., 1993. Palynofacies analysis. In: JENKINS, D.J. (Ed.) **Applied Micropalaeontology.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p.153-191.

TYSON, R.V., 1995. **Sedimentary Organic Matter: organic facies and palynofacies**. London: Chapman & Hall. 615p.